

**Indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras, segundo o PBQP-h****Sustainability indicators on construction sites, according to PBQP-h**

DOI:10.34117/bjdv6n3-044

Recebimento dos originais: 30/01/2020

Aceitação para publicação: 04/03/2020

**Mariângela Monteiro Froufe**

Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense, Especialista em Engenharia Econômica e Financeira pela Universidade Federal Fluminense e Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Instituição: Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 – 3º andar, Bloco D – Niterói/RJ – CEP: 24210-240.

E-mail: mariangela.froufe@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4921-4002>**Luiz Carlos Brasil de Brito Mello**

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense, Mestre em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense e Engenheiro Mecânico pela Universidade Gama Filho

Instituição: Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 – 3º andar, Bloco D – Niterói/RJ – CEP: 24210-240.

E-mail: luiz\_brasil@id.uff.br

<https://orcid.org/0000-0002-0367-4057>**Carlos Alberto Pereira Soares**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, Mestre em Engenharia Civil e Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal Fluminense

Instituição: Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 – 3º andar, Bloco D – Niterói/RJ – CEP: 24210-240.

E-mail: capsoares@id.uff.br

<https://orcid.org/0000-0002-1332-5854>**RESUMO**

Devido as atividades realizadas durante a obra, o setor da construção civil é um dos grandes responsáveis pelos problemas ambientais e consumo de recursos naturais. Monitorar e avaliar o consumo de energia, água e geração de resíduos nos canteiros de obras possibilita a identificação de falhas nos sistemas operacionais e uma gestão mais eficaz dos recursos durante a obra. O objetivo deste artigo é apresentar uma análise do consumo de energia, água e geração de resíduos nos canteiros de obra durante a construção de edificações gerando os indicadores de sustentabilidade de acordo com o PBQP-h. Inicialmente foi feita pesquisa bibliográfica apontando os fatores de consumo e sugestões para o controle e redução. Posteriormente, com base nos dados de consumos obtidos de 34 obras de construtoras certificadas e qualificadas no nível “A”, os dados foram analisados e calculadas as tendências de consumo por área de construção e prazo da obra. Os resultados obtidos indicam que os gastos se comportam linearmente durante a obra, as obras de médio porte têm um consumo maior do que aquelas de porte maior e que os resíduos não foram monitorados corretamente nas obras estudadas.

**Palavras chave:** Indicadores de sustentabilidade, Canteiro de obras, PBQP-h.

**ABSTRACT**

Due to the activities carried out during the construction work, the construction sector is largely responsible for environmental problems and natural resource consumption. Monitoring and evaluating energy, water and waste generation at construction sites enables the identification of operating system failures and more efficient management of resources during construction. The aim of this paper is to present an analysis of energy, water and waste generation at construction sites during the construction of buildings generating sustainability indicators according to the PBQP-h. Initially, a bibliographic search was made pointing the consumption factors and suggestions for the control and reduction. Subsequently, based on the consumption data obtained from 34 works of certified and qualified "A" construction companies, the data were analyzed and the consumption trends by building area and construction time were calculated. The obtained results indicate that the expenses behave linearly during the construction, the medium-sized buildings present higher consumption than the larger ones and that the residues were not adequately monitored in the studied works.

**Key-words:** Sustainability indicators, Construction site, PBQP-h.

**1 INTRODUÇÃO**

A construção civil é um dos grandes responsáveis pelos problemas ambientais devido às suas atividades durante a obra, como geração de resíduos e consumo e desperdício de água e de energia (ARAÚJO, 2009; SPADOTTO *et al.*, 2011). Segundo Rodríguez (2011), a Construção civil é um setor que adotou poucas medidas para se comprometer ativamente com o meio ambiente se comparado a outros setores, apesar de ser um dos principais consumidores de recursos naturais. E afirma ainda, que todos os funcionários, não somente a equipe com deveres ambientais, devem estar engajados e comprometidos com o meio ambiente. Segundo Schmidt & Osebold (2017), até agosto de 2013, poucas empresas de construção haviam implantado o sistema de gestão ambiental.

Considerando que o canteiro de obras é o ambiente onde é realizada a principal atividade da construção civil com vários serviços simultâneos, e portanto responsável por ocasionar importantes impactos ambientais e sociais, o monitoramento e a avaliação do consumo nos canteiros de obra possibilita que a empresa identifique falhas nos sistemas operacionais para aperfeiçoamento e obtenção de maior eficiência dos recursos durante a obra (MARQUES *et al.*, 2017). As várias etapas do empreendimento, desde a demolição, construção e uso, são responsáveis pelo consumo de recursos naturais, seja água, energia, matérias primas ou descarte de resíduos e poluição do ar (ARAÚJO, 2009). A NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) orienta que estes aspectos ambientais devam ser considerados e controlados pelas organizações assim como os aspectos associados às atividades, produtos e serviços, como por exemplo, aquisição de matérias primas e extração, processos de fabricação e armazenamento, transporte de produtos e embalagem, gerenciamento de rejeitos dentre outros.

Com isso, a sustentabilidade na indústria da Construção Civil vem aumentando, não somente para atender aspectos legais e a busca de vantagem competitiva, mas também para reduzir os efeitos ambientais causados pelo setor (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Mundialmente, os edifícios sustentáveis estão ganhando espaço e adeptos a este novo conceito (AZZI *et al.*, 2015) que se inicia na concepção do projeto onde os profissionais de diferentes áreas e especialidades devem se unir para integralizar e trocar informações com o objetivo de se obter uma edificação sustentável (SALGADO *et al.*, 2012). Em todas as fases da construção existe a necessidade de focar nos aspectos da sustentabilidade, e um sistema de gestão ambiental é capaz de auxiliar com métodos sistematicamente projetados para gerenciar os aspectos ambientais dos processos de produção (SCHMIDT & OSEBOLD, 2017) e prover a melhoria dos indicadores sociais, econômicos e ambientais da sustentabilidade (TIBAUT & ZAZULA, 2018).

Em paralelo à preocupação com o meio ambiente na Construção, os clientes passaram a exigir melhor atendimento e qualidade nos serviços e nos produtos adquiridos (BRANCO, 2013), aumentando a atenção para as pesquisas de satisfação de clientes e a necessidade de implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade (PADILHA & MEIRA, 2016). Assim, houve um aumento do número de certificações ambientais e desenvolvimento de selos como forma de incentivo às construtoras, contribuindo para mitigar os impactos causados pelo setor (CONTO *et al.*, 2017). Os selos de certificação de sustentabilidade surgiram para incentivar as empresas no controle e redução dos impactos causados pela categoria, e sua maioria possui objetivos e estratégias desde a implantação, que ocorre antes e durante o canteiro de obras (FROUFE & OLIVEIRA, 2018), tornando importante projetos mais sustentáveis.

Thomas & Costa (2017) argumentam que para a melhoria da sustentabilidade dos canteiros de obras, o projeto de instalações provisórias deve ter as soluções adotadas nos edifícios sustentáveis, que a cadeia de suprimentos deve estar engajada exigindo o compromisso dos envolvidos e, que deve haver treinamento nas equipes com foco na sustentabilidade. Sendo o canteiro de obras parte de um sistema complexo, de desenvolvimento social e de envolvimento empresarial (TIBAUT & ZAZULA, 2018), o conceito de desenvolvimento sustentável passou a desempenhar um papel importante na indústria da construção moderna (KALUARACHCHI, 2018).

Em virtude do aumento da necessidade de se implantar um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), o Governo Federal instituiu o PBQP-h – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - baseado na norma NBR ISO 9001, especialmente para incentivar a Construção Civil (BRANCO, 2013). Um dos projetos do PBQP-h é o SiAC - *Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras* - que objetiva avaliar a conformidade do Sistema de Gestão da Qualidade das empresas no setor da construção civil no Brasil, contribuindo para intensificar a

qualidade, produtividade e sustentabilidade no setor (SIAC, 2018). Em relação à sustentabilidade, o programa prevê a inclusão de indicadores associados a objetivos nos canteiros de obras contemplando no mínimo a conservação de água, eficiência energética e a redução da geração de resíduos (Tabela 1).

Indicador e descrição	Fórmula
Indicador de consumo de energia (CE) ao final da obra: consumo de energia no canteiro de obras por m <sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra.	$CE_{acum} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n Ei \text{ (Kwh / m2)} \quad (1)$ <p>Sendo: A = área construída da obra (m<sup>2</sup>) n = número de meses da obra Ei = Consumo de energia mensal no mês i</p>
Indicador de consumo de água (CH) ao final da obra: consumo de água potável no canteiro de obras por m <sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra.	$CH_{acum} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n Hi \text{ (m3 / m2)} \quad (2)$ <p>Sendo: A = área construída da obra (m<sup>2</sup>) n = número de meses da obra Hi = Consumo de água mensal no mês i</p>
Indicador de geração de resíduos (GR) ao final da obra: volume total de resíduos descartados (excluído solo e demolição de edificações pré-existent) por m <sup>2</sup> de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra	$GR_{acum} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n Ri \text{ (m3 / m2)} \quad (3)$ <p>Sendo: A = área construída da obra (m<sup>2</sup>) n = número de meses da obra Ri = Geração de resíduo mensal no mês i</p>

Fonte: SiAC – Referencial Normativo para o Nível “A”, 2018

Tabela 1 – Indicadores de Sustentabilidade nos canteiros de obras segundo PBQP-h

Porém, ainda não existe estudo levando em consideração o comportamento dos consumos e os parâmetros ou metas para estes indicadores de sustentabilidade durante a obra.

Diante deste contexto, este artigo pretende preencher esta lacuna. Além de investigar quais os principais fatores responsáveis pelos consumos nas obras resumindo algumas medidas que possam ser adotadas no canteiro de obra objetivando sua redução, procura contribuir para meio acadêmico e empresarial, apresentando gráficos de tendências acumuladas para os três indicadores de sustentabilidade sugeridos pelo PBQP-h, baseados nos dados fornecidos por construtoras certificadas.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 ABORDAGEM GERAL

Esta pesquisa teve dois principais objetivos. O primeiro foi investigar quais são os principais fatores que afetam os consumos de energia, água e geração de resíduos durante a obra e o que pode ser feito para minimizá-los com estratégias de reduções de acordo com diversos autores. O segundo foi de calcular os indicadores de sustentabilidade sugeridos pelo PBQP-h para servir de base comparativa para obras similares. Para alcançar estes objetivos, foram necessários: pesquisa

bibliográfica e envio de questionário para construtoras certificadas e qualificadas no PBQP-h, nível “A” sediadas nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói solicitando dados de consumos de obras concluídas.

## 2.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, para a pesquisa bibliográfica, as principais normas referentes ao tema de sustentabilidade na construção civil, meio ambiente e a norma PBQP-h foram lidas. Além disso, foram utilizados como ferramenta de busca sobre o tema, o portal de periódicos CAPES/MEC - Portal Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – portal que disponibiliza mais de 45 mil publicações, e o Google Scholar. Foram utilizadas as seguintes palavras chave: “*consumption of water*”, “*energy consumption*”, “*generation of waste*”, “*pbqp-h*”, “*sustainability indicators*”, filtrando os resultados em “*construction site*”, ou “*building*”.

Foram encontrados 4.597 artigos, dissertações e teses, porém 45 foram excluídas por serem duplicatas. Após leitura dos títulos, resumos e palavras chave, 4.366 foram excluídos devido a resumos sem clareza ou conteúdo dos resumos sem relevância, restando 186. Em outra seleção mais detalhada onde estes artigos restantes foram lidos na íntegra, foram excluídos 139 devido a resultados que não contribuíram para o estudo, restando 47 artigos para elegibilidade. E, finalmente, chegou-se a 34 trabalhos relevantes e que serviram de base para a elaboração deste artigo.

## 2.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para o universo da pesquisa, foram consideradas as Construtoras sediadas nas cidades do Rio de Janeiro e de Niterói, certificadas e qualificadas no PBQP-h, nível “A”. Para descobrir quais empresas estavam certificadas no programa, foi feita busca no site [http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_siac\\_empresas.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac_empresas.php) em 16/06/2018, com os seguintes filtros: região “sudeste”, estado “RJ”, nível de avaliação “A”, regimento “SiAC”, situação “vigente”.

Foram encontradas 80 empresas certificadas e descartadas 65 empresas por não se enquadrarem no âmbito geográfico da pesquisa (cidades do Rio de Janeiro e Niterói), por não conseguir contato imediato ou por não estarem mais atuando na área. Foi enviado um *e-mail* de apresentação após contato telefônico para as 15 empresas restantes, onde se explicava o motivo da pesquisa, sua importância e relevância no contexto atual e o desejo que a mesma contribuísse com os dados, garantindo o sigilo da fonte de informações. Mediante envio de questionário em formato de planilha, foram solicitados dados de obras concluídas, ou seja, todos consumos de água, energia e os volumes de resíduos gerados durante a execução de obras da empresa, com respectiva área de construção. Seis empresas (denominadas de “A” a “F”) enviaram dados compatíveis com a pesquisa e foram obtidos dados de 34 obras qualificáveis, variando de 10 a 36 meses de construção, que foram numeradas sequencialmente de “OB1” até “OB34”.

Considerações em relação aos dados: 1 - Os dados foram divididos em dois grupos relacionados ao prazo: médio prazo (obras até 24 meses) e longo prazo (obras com 25 meses ou mais). 2 - Dez obras não tiveram a geração de resíduo monitorada, portanto, os resultados nesta categoria podem estar com a margem de erro superior às demais.

Na tabela 2 são identificadas as quantidades de obras por empresa com os respectivos prazos e áreas correspondentes.

Empresa	Obras	Prazo (meses)	Área de Construção (m2)	Empresa	Obras	Prazo (meses)	Área de Construção (m2)
A Rio de Janeiro	OB1	36 - Longo	35.806	D Niterói	OB15	20 - Médio	5.654
	OB2	17 - Médio			OB16	25 - Longo	15.645
	OB3	32 - Longo	10.807		OB17	26 - Longo	15.196
	OB4	15 - Médio	30.508		OB18	31 - Longo	15.196
	OB5	23 - Médio			OB19	30 - Longo	17.155
			53.281		OB20	31 - Longo	17.155
			11.290		OB21	29 - Longo	11.198
						11.198	
						21.525	
						11.519	
B Rio de Janeiro	OB6	20 - Médio	11.337	E Niterói	OB22	36 - Longo	18.033
	OB7	15 - Médio	10.494		OB23	29 - Longo	
	OB8	18 - Médio			10.494	OB24	26 - Longo
	OB9	10 - Médio	15.078		OB25	36 - Longo	6.242
	OB10	11 - Médio	3.102				6.242
	OB11	16 - Médio					15.237
			3.738				15.237
		13.047					
C Rio de Janeiro	OB12	31 - Longo	4.805	F Niterói	OB26	30 - Longo	10.959
	OB13	25 - Longo			OB27	30 - Longo	26.491
	OB14	30 - Longo	20.000		OB28	27 - Longo	12.679
			12.500		OB29	25 - Longo	12.679
					OB30	24 - Médio	12.801
					OB31	20 - Médio	12.801
					OB32	24 - Médio	9.100
			OB33	27 - Longo	9.100		
			OB34	11 - Médio	3.519		
						5.147	
						5.060	
						3.860	

Tabela 2 – Características das obras e empresas que forneceram os dados

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 FATORES E ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DOS CONSUMOS

O setor construtivo é responsável por aproximadamente 36% do consumo final de energia e continua aumentando em quase 3% ao ano (IEA, 2018). Apesar da construção civil ser um setor conservador e contrário a inovações, existe atualmente a necessidade de adotar conceitos sustentáveis que possam reduzir o consumo de energia (BASSO *et al.*, 2015). São necessárias ações estratégicas para se obter um bom desempenho na obra com consumo de energia racional e eficiente no canteiro de obras e reduzir os indicadores de consumo excessivo (SIENGE, 2017).

Em relação ao consumo de água, os canteiros de obras no Brasil consomem muita água, devido aos materiais construtivos utilizados tais como concreto e argamassas, no uso em refeitórios, banheiros, bebedouros, na limpeza da obra e nos testes de impermeabilização (PESSARELLO, 2008). O consumo de água é também relacionado aos processos construtivos nas respectivas etapas da obra, sendo concretagem o serviço que mais utiliza a água, variando de 39,15 a 68,63% do consumo final (SILVA & RONAN, 2013).

E finalizando, para a geração de resíduos, 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição foram coletados no Brasil em 2017 (ABELPRE, 2017). Segundo Kaluarachchi (2018), estima-se que a maior parte dos resíduos gerados no mundo foi originada da construção e demolição de edifícios. Destes resíduos gerados na construção civil, 90% podem ser reciclados e a sua reciclagem tem importância tanto financeira quanto ambiental, pois alguns resíduos podem retornar à obra como matérias primas, deixando de serem extraídos da natureza (LIMA & LIMA, 2016). Hippert & Rodrigues (2015), em estudo realizado em nove obras, constataram que a maioria das empresas não fazem a quantificação e análise dos seus resíduos gerados. Grande parte da geração de resíduos se deve às perdas de materiais durante o processo de execução e pelos restos de materiais devido a danos no processo causados por manejo, transporte ou armazenamento inadequados (LIMA & LIMA, 2016).

A partir da pesquisa bibliográfica foi possível verificar alguns fatores que influenciam o consumo, as possíveis estratégias de redução e respectivos autores (Tabela 3).



FATORES DE CONSUMO	ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO	AUTOR
<b>Energia</b> - Consumo durante a fabricação de materiais e durante o processo de construção (uso de equipamentos) - Consumo nos alojamentos e escritórios (energia e iluminação)	- uso de material com baixo gasto energético durante seu ciclo de vida, comparado com outro sob mesmos critérios - uso de equipamentos eficientes em termos energéticos - instalações provisórias com iluminação e ventilação natural - uso lâmpadas econômicas - uso de sensor de presença em locais de uso reduzido - conscientização dos trabalhadores - monitoramento de indicadores de sustentabilidade	Degani (2003); Arrotéia <i>et al.</i> (2004); Gangoellels <i>et al.</i> (2009); Nascimento & Jesus (2016); Marques <i>et al.</i> (2017).
<b>Água</b> - Consumo durante o processo de construção - Consumo de água pelos trabalhadores na área de vivência - consumos durabte a extração e produção das matérias primas	- uso de aparelhos e instalações economizadoras de água (torneiras automáticas, descargas de sistema duplo, etc.) - Aproveitar as águas que circulam pelo próprio canteiro - Estratégias de economia de água e detecção de vazamentos de água no canteiro de obras - captação e uso de águas pluviais (uso em limpeza e finalizadas não potáveis) - uso de água de poço quando possível - conscientização dos trabalhadores - monitoramento de indicadores de sustentabilidade	Arrotéia <i>et al.</i> (2004); Pessarello (2008); Gangoellels <i>et al.</i> (2009); Oliveira <i>et al.</i> (2012); Silva & Ronan (2013); Spezzio <i>et al.</i> (2015); Nascimento & Jesus (2016); Kataoka & Freitas (2017); Marques <i>et al.</i> (2017); Napomuceno & Paz (2016).
<b>Resíduos</b> - provenientes de escavação e demolição - gerados na produção em perdas, sobras ou danos no transporte e armazenamento - resíduos urbanos gerados nos alojamentos	- reciclagem e reutilização de materiais - coleta seletiva - controle de perdas - Transferência de tarefas de gestão de resíduos para os empreiteiros de construção - Gestão de fluidos tixotrópicos - conscientização dos trabalhadores - monitoramento de indicadores de sustentabilidade	Degani (2003); Arrotéia <i>et al.</i> (2004); Gangoellels <i>et al.</i> (2009); Silva & Ronan (2013); Lima & Lima (2016); Nascimento & Jesus (2016); Marques <i>et al.</i> (2017); Kaluarachchi (2018).

Tabela 3 – Fatores e estratégias para redução dos consumos nos canteiros de obras

A conscientização dos trabalhadores e o acompanhamento de indicadores de sustentabilidade como estratégias de redução são comuns às três categorias estudadas. Os indicadores são utilizados para demonstrar o desempenho de determinado serviço, permitindo comparações e assim verificar as possíveis melhorias e servir de base para as tomadas de ações. Auxiliam ainda, na conscientização dos problemas ambientais, buscando tendências e orientando no desenvolvimento das ações para o crescimento sustentável (SILVA, 2007).



### 3.2 GRÁFICOS DE TENDÊNCIAS BASEADOS NOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A partir dos dados fornecidos pelas empresas, foram calculadas as médias dos consumos de cada mês para as obras, separadamente para médio prazo e longo prazo. Sobre as médias mensais foram aplicadas as fórmulas 1, 2 e 3 da tabela 1, encontrando-se os indicadores sugeridos pelo PBQP-h (Tabela 4).

Mês	Obras até 24 meses			Obras de 25 a 36 meses		
	Energia (Kwh/m <sup>2</sup> )	Água (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Resíduos (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Energia (Kwh/m <sup>2</sup> )	Água (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Resíduos (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
1	0,4488	0,0151	0,0263	0,1946	0,0049	0,0022
2	1,4331	0,0346	0,0389	0,4433	0,0104	0,0038
3	2,5770	0,0552	0,0715	0,7657	0,0163	0,0064
4	3,7947	0,0788	0,0979	1,1860	0,0239	0,0093
5	4,9171	0,1042	0,1148	1,6664	0,0367	0,0134
6	6,0513	0,1302	0,1276	2,3145	0,0468	0,0164
7	7,2285	0,1588	0,1479	3,2393	0,0564	0,0207
8	8,2237	0,1794	0,1617	4,1858	0,0696	0,0267
9	9,6091	0,2001	0,1752	5,0971	0,0841	0,0332
10	11,0979	0,2262	0,1937	5,9856	0,0981	0,0406
11	12,2966	0,2556	0,2074	6,8696	0,1138	0,0486
12	13,1808	0,2789	0,2246	7,7756	0,1313	0,0562
13	14,0722	0,3068	0,2350	8,8027	0,1482	0,0632
14	15,0328	0,3372	0,2469	9,9161	0,1662	0,0722
15	16,0365	0,3629	0,2600	10,9822	0,1852	0,0812
16	16,9649	0,3879	0,2748	12,0495	0,2037	0,0910
17	17,9853	0,4096	0,2846	13,3364	0,2211	0,1013
18	19,1480	0,4291	0,2987	14,4277	0,2390	0,1125
19	20,0743	0,4589	0,3081	15,4490	0,2570	0,1229
20	21,2733	0,4819	0,3405	16,5523	0,2742	0,1361
21	22,4943	0,5080	0,3639	17,6494	0,2933	0,1429
22	23,7647	0,5248	0,4027	18,6545	0,3142	0,1514
23	24,9267	0,5621	0,4053	19,6259	0,3339	0,1597
24	25,5420	0,6035	0,4079	20,5359	0,3520	0,1678
25				21,5377	0,3697	0,1763
26				22,4136	0,3880	0,1843

27	23,2085	0,4068	0,1912
28	24,0123	0,4266	0,1979
29	24,8614	0,4451	0,2050
30	25,8201	0,4651	0,2088
31	26,6129	0,4835	0,2143
32	27,3225	0,4973	0,2204
33	27,7746	0,5177	0,2273
34	28,2574	0,5295	0,2343
35	28,7417	0,5428	0,2383
36	29,2804	0,5665	0,2404

Tabela 4 – Médias acumuladas de consumos por área

Para as três categorias foram gerados os gráficos de acordo com a tabela 4 e as respectivas retas de tendência dos consumos acumulados (Figuras 1, 2 e 3).

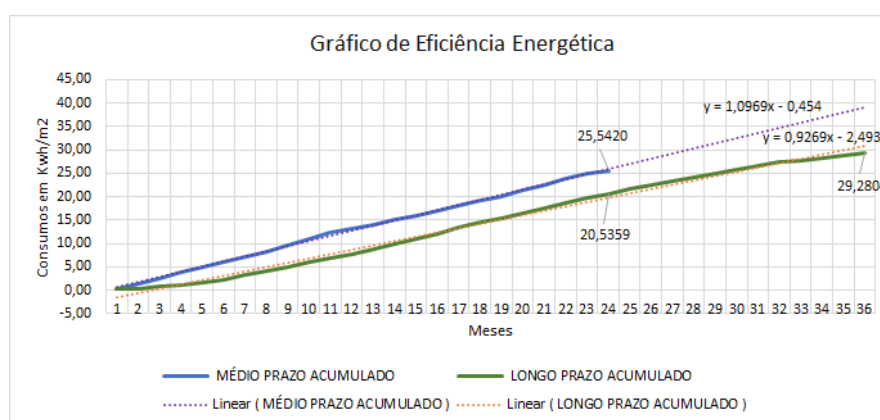


Figura 1 – Gráfico de eficiência energética: consumos acumulados por área

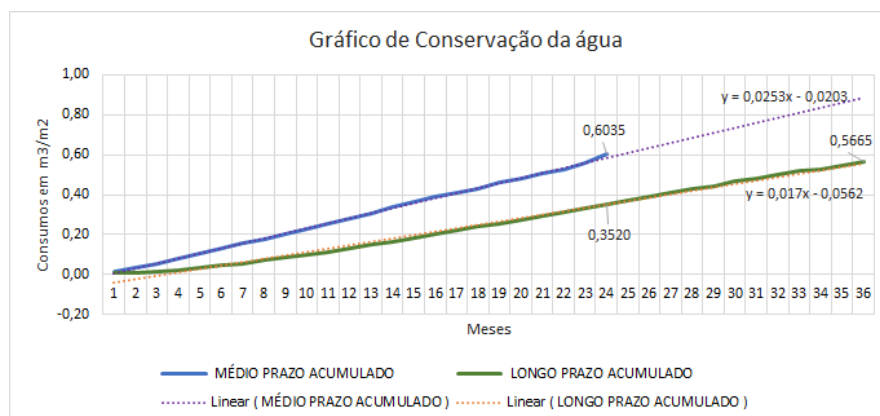


Figura 2 – Gráfico de conservação da água: consumos acumulados por área

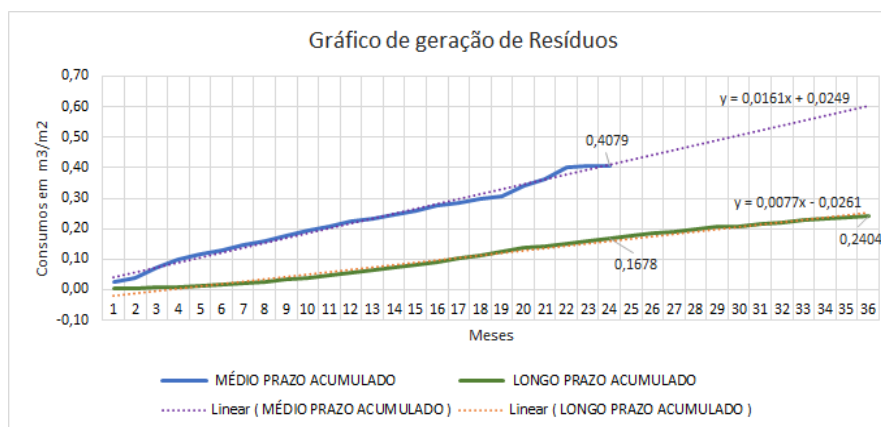


Figura 3 – Gráfico de geração de resíduos: consumos acumulados por área

Esperava-se que houvesse maior compatibilidade nos resultados ao longo do tempo e que pudesse ser adotado uma linha de tendência única por categoria, independentemente do prazo. Porém, verificou-se que para cada prazo de obra e categoria, o cenário muda. Nas três categorias, as obras de médio prazo consomem mais, o aumento é linear, os gastos mensais não variam tanto individualmente e os maiores consumos se apresentam nos meses intermediários, provavelmente onde houve maior pico da obra. Para o vigésimo quarto mês as diferenças entre médio e longo prazo são 24%, 71% e 143%, nas categorias energia, água e resíduo, respectivamente. Aplicando as fórmulas das retas de tendência, estas diferenças passam a ser 31%, 67% e 159%, neste mesmo mês.

Os resultados obtidos para geração de resíduos não estão confiáveis devido a poucas obras terem sido monitoradas, sendo perceptível a distorção pelo gráfico. As demais categorias, apesar dos resultados não terem sido o esperado, podem servir de parâmetro e meta inicial. As empresas, mediante seus próprios dados, devem calcular novas metas objetivando a redução dos consumos com base nas estratégias de redução apresentadas.

#### 4 CONCLUSÃO

O presente estudo contou com a colaboração de seis empresas que forneceram dados de consumos para energia, água e resíduo durante a construção completa do empreendimento de 34 obras. Foram realizados cálculos sobre os dados fornecidos com base nos indicadores de sustentabilidade sugeridos pelo PBQP-h que definem como indicador os valores acumulados por área de construção. Para tal, médias mensais das obras por tipo de prazo (médio e longo) foram calculadas e as fórmulas dos indicadores aplicadas sobre estas médias, encontrando-se os gráficos e as retas de tendência para as três categorias.

Concluiu-se que os gastos se comportam linearmente durante a obra, com ligeiros acréscimos nos meses intermediários, provavelmente relacionados às etapas das obras e que as obras de médio

porte tendem a consumir mais do que as de longo prazo, devendo, portanto, terem maior controle e um planejamento mais detalhado do canteiro de obras.

Ainda, foi observado neste estudo que a categoria de resíduo não é monitorada corretamente, confirmando estudo realizado por Hippert e Rodrigues (2015). A falta de dados pode ter acarretado distorções nos resultados, embora tenham sido realizadas as mesmas considerações de cálculo das outras duas categorias, eliminando os dados faltantes nos cálculos.

Para uma melhor gestão dos itens analisados nesta pesquisa, seria necessário que cada empresa elaborasse no seu plano de gestão, uma metodologia padrão de forma a unificar o controle, e assim, poder reduzir os consumos. Este estudo propõe um parâmetro de comparação para cada categoria e prazo de obra, mediante resultados de 34 obras, que pode servir como meta inicial. O ideal é que cada empresa calcule melhor seu indicador e procure reduzi-lo gradativamente. Para isso, inicialmente deve ser realizado um melhor monitoramento para verificar as falhas no processo e criar ações para eliminá-las. Em seguida, propor metas e criar planos pertinentes e executá-los para que esta meta seja alcançada.

Em relação a energia, o uso de equipamentos eficientes energeticamente, lâmpadas econômicas e de sensores de presença ajudam a reduzir o consumo. Para redução do consumo de água, sugere-se o aproveitamento das águas que circulam pelo próprio canteiro, detecção de vazamentos e melhoria da eficiência de aparelhos utilizados. Na geração de resíduos, minimizar a geração, reciclar, reutilizar e estabelecer gestão para o descarte correto. E ainda, treinamentos de conscientização a todos os funcionários e adoção de indicadores de sustentabilidade são também ações que contribuem para a redução dos consumos.

Ou seja, um bom planejamento do canteiro de obras, adoção de indicadores de sustentabilidade e uma equipe consciente e engajada são as chaves para uma obra sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABELPRE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2017. 74p. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>>. Acesso em: 03 nov.18.
- ARAUJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. São Paulo, 209p., 2009. Dissertação (Mestrado em Construção civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- ARROTÉIA, A. V.; AMARAL, T. G. DO; MELHADO, S. B. Gestão de projetos e sua interface com o canteiro de obras sob a ótica da Preparação da Execução de Obras (PEO). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, 2014, p. 183-200

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

AZZI, M.; DUC, H.; HÁ, Q.P. Toward sustainable energy usage in the power generation and construction sectors—a case study of Australia. **Automation in Construction**, v. 59, p. 122–127, 2015.

BASSO, T. M.; NOGUEIRA, C. E. C.; SILVA, D. S. Eficiência energética na construção civil no Brasil. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.1, p. 48-56, 2015.

BRANCO, M. T. C. **As adaptações de uma construtora decorrentes da nova revisão do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do habitat: PBQP-H**. 2013. 33p., 2013. TCC (trabalho de conclusão de curso). Administração de Empresas do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, Brasília.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, v.4, p. 100-12, 2017.

DEGANI, C. M. **Sistemas de Gestão Ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 263p., 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FROUFE, M.M.; OLIVEIRA, C.H.V.R. Certificação GBC Brasil casa. In: SEROA, Ana; BARZELLAY, Bruno. **Riscos urbanos decorrentes do aquecimento global**. Ed. Autografia, Rio de Janeiro. v.3, 2018, p. 290-302.

GANGOLELLS, M.; CASALS, M.; GASSÓ, S.; FORCADA, N.; ROCA, X; FUERTES, A. A methodology for predicting the severity of environmental impact related to the construction process of residential buildings. **Building and Environment**, v. 44, n. 3, p. 558- 571, 2009.

HIPPERT, M. A. S.; RODRIGUES, R. M. Gestão de resíduos em canteiros de obras de pequeno porte. **SIBRAGEC ELAGEC**. São Paulo. Out.2015. p. 443-451

IEA - International Energy Agency. **Energy efficiency: The global exchange for energy efficiency policies, data and analysis**. Disponível em:<<https://www.iea.org/buildings/>>. Acesso em: 02 out.2018.

KALUARACHCHI, R. K. D. G. Analysis of Construction Waste Generation and Its Effect in a Construction Site. World Academy of Science, **Engineering and Technology International Journal of Architectural and Environmental Engineering**, v.12, n., 2018, p. 508-511

KATAOKA, D.; FREITAS, M.R. Gestão de água em canteiro de obras: estudo de caso no município de Guaratinguetá – SP. 2017. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**. Fortaleza – Ceará, Nov.2017, p. 368-375

- LIMA, R.S; LIMA, R.R.R. **Resíduos Sólidos**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. 2016. 36p. Paraná. Disponível em: <<http://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/residuos-solidos.pdf>> Acesso em: 05 nov.18
- MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, 2017, p. 79-90
- NAPOMUCENO, S. C. B.; PAZ, D. H. F. Desenvolvimento de um programa de gestão da água pro canteiro de obras de uma instituição de ensino. 2016. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Campina Grande/PB, Nov.2016.
- NASCIMENTO, P.; JESUS, L. A. N. Avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras: um estudo na Grande Vitória - ES. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v.3, n.2, jul./dez. 2016, p. 54-70
- OLIVEIRA, J. A. C.; SPOSTO, R. M.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v.7, n., abr-jun/2012, p. 11-21
- PADILHA, J. K. S.; MEIRA, A. R. O cliente no contexto do Sistema de Gestão da Qualidade: estudo de caso em uma construtora paraibana. **Revista Principia**, n. 30. João Pessoa, Set.2016, p. 1-16
- PESSARELLO, R.G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obra de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. 114 p., 2008. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Univ.de São Paulo, São Paulo.
- RODRÍGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTÍNEZ, G. Evaluation of environmental management resources (ISO 14001) at civil engineering construction worksites: a case study of the community of Madrid, **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 7, 2011, p. 1858-1866
- SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, 2012, p. 81-99
- SCHMIDT, J. S., & OSEBOLD, R. Environmental management systems as a driver for sustainability: state of implementation, benefits and barriers in German construction companies. **Journal of Civil Engineering and Management**, v.23, n.1, 2017, p. 150-162
- SIAC – Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil, SiAC, **Regimento Geral**. 14, jun 2018. Disponível em: <[http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_siacy.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siacy.php)>. Acesso em: 05 set.2018
- SIENGE. **Sustentabilidade na Construção Civil**: Eficiência energética como diferencial para Construtoras. 08, mar 2017. Disponível em < <https://www.sienge.com.br/blog/sustentabilidade-na-construcao-civil-eficiencia-energetica-como-diferencial-para-construtoras/>>. Acesso em: 02/10/18.

- SILVA, V. G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2007, p. 47-66
- SILVA, R. R.; RONAN Y. T. V. Gestão da água em canteiros de obras de construção civil. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR – UNICESUMAR. Maringá, **Anais Eletrônico**, Paraná: VIII EPCC, 2013.
- SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; ALGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D.; MIOTTO, J. L. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **REGET/UFSM**. Ed. Especial GIAU-UEM, Maringá – PR Santa Maria, v. 19, 2015, p. 39 – 48
- SPADOTTO, A.; NORA, D. D.; TURELLA, E. C. L.; WERGENES, T. N.; BARBISAN, A. O. Impactos ambientais causados pela Construção civil. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 2, jul./dez. 2011, p. 173-180
- SPEZZIO, A.; SODRE, B.; FLÁVIO, I.; SANTOS, Y. Gestão da demanda de água. **Seminários - Consumo de água em canteiro de obras**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – PHA, 14p., 2015
- THOMAS, N. I. R.; COSTA, D. B. Adoption of environmental practices on construction sites. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, 2017, p. 9-24
- TIBAUT, A.; ZAZULA, D. Sustainable management of construction site big visual data. **Sustainability Science**, v. 13, 2018, P. 1311–1322